

**ANALISIS SIFAT KEKERASAN BAJA AISI 4140  
HASIL NITRIDASI PLASMA DENGAN VARIASI TEKANAN**



**TESIS**

**Disusun sebagai satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata II  
pada Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Oleh :**

**Nota Ali Sukarno**  
**NIM : U.100.16.0020**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

## NOTA PEMBIMBING I

**Tri Widodo Besar Riyadi, M.Sc, Ph.D**

Dosen Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas

Subjek : Tesis Saudara Nota Ali Sukarno

Kepada Yth.

**Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

*Assalamu `alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan membuat koreksi yang diperlukan untuk tesis saudara :

Nama : Nota Ali Sukarno

NIM : U.100.16.0020

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Judul : ANALISIS SIFAT KEKERASAN BAJA AISI 4140  
HASIL NITRIDASI PLASMA DENGAN VARIASI  
TEKANAN

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Surakarta, 17 Oktober 2018

Pembimbing I,



**Tri Widodo Besar Riyadi, M.Sc, Ph.D**

## NOTA PEMBIMBING II

**Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D**

Dosen Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas

Subjek : Tesis Saudara Nota Ali Sukarno

Kepada Yth.

**Ketua Program Studi Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

*Assalamu `alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan membuat koreksi yang diperlukan untuk tesis saudara :

Nama : Nota Ali Sukarno

NIM : U.100.16.0020

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Judul : ANALISIS SIFAT KEKERASAN BAJA AISI 4140  
HASIL NITRIDASI PLASMA DENGAN VARIASI  
TEKANAN

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

*Wassalamu `alaikum wr. wb.*

Surakarta, 17 Oktober 2018

Pembimbing II,

**Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS SIFAT KEKERASAN BAJA AISI 4140  
HASIL NITRIDASI PLASMA DENGAN VARIASI TEKANAN**

**TESIS**

Oleh :

**Nota Ali Sukarno**

**NIM : U.100.16.0020**

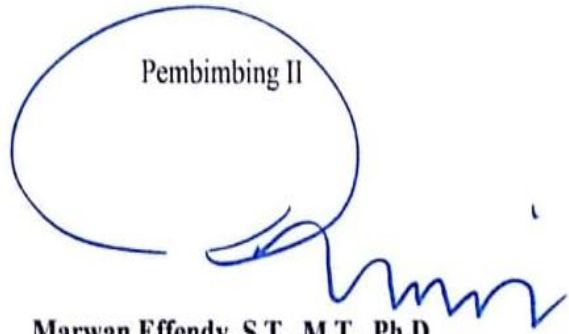
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Pembimbing I



**Tri Widodo Besar Riyadi, M.Sc., Ph.D**

Pembimbing II



**Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D**



**TESIS BERJUDUL**

**ANALISIS SIFAT KEKERASAN BAJA AISI 4140 HASIL  
NITRIDASI PLASMA DENGAN VARIASI TEKANAN**

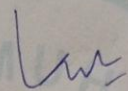
Yang dipersiapkan dan disusun oleh

**NOTA ALI SUKARNO**

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal 22 Oktober 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

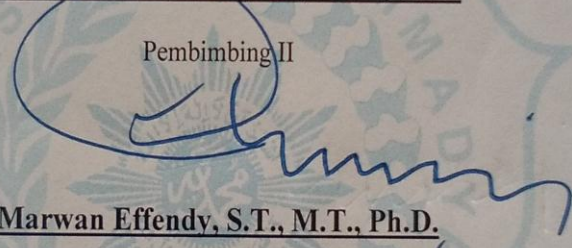
**SUSUNAN DEWAN PENGUJI**

Pembimbing I



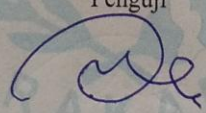
**Tri Widodo Besar Riyadi, M.Sc., Ph.D**

Pembimbing II



**Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D.**

Penguji



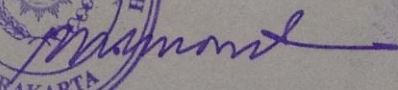
**Joko Sedyono, M.Eng., Ph.D.**

Surakarta, 8 Nopember 2018

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Sekolah Pascasarjana

Direktur,



**Prof. Dr. Bambang Sumardjoko, M.Pd.**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Nota Ali Sukarno

NIM : U.100.16.0020

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Judul : ANALISIS SIFAT KEKERASAN BAJA AISI 4140  
HASIL NITRIDASI PLASMA DENGAN VARIASI  
TEKANAN

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Mesin di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti tesis ini jiplakan dan terdapat plagiasi, gelar yang diberikan oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta batal saya terima.

Surakarta, 25 Oktober 2018

Yang membuat pernyataan,



Nota Ali Sukarno

NIM : U.100.16.0020

## **ANALISIS SIFAT KEKERASAN BAJA AISI 4140 HASIL NITRIDASI PLASMA DENGAN VARIASI TEKANAN**

### **Abstrak**

Proses nitridasi plasma terhadap baja AISI 4140 untuk diuji kekerasan dengan metode pengujian Vickers dan diamati struktur mikronya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat kekerasan baja AISI 4140 dengan proses nitridasi plasma untuk mencapai tingkat kekerasan yang optimum. Sampel uji berupa baja AISI 4140 dipotong menjadi 30 sampel uji, kemudian dilakukan pemolesan dengan autosol menggunakan amplas dengan ukuran 120 sampai dengan 5000 mesh. Kemudian sampel yang sudah dipoles dinitridasi dengan variasi tekanan 1,2 ; 1,4 : 1,6 ; 1,8 dan 2,0 mbar dengan suhu 450 °C serta waktu 3 jam. Hasil kekerasan yang diperoleh setelah mengalami tekanan yang bervariasi, kekerasan yang terbesar atau optimum diperoleh pada tekanan 1,4 mbar. Kemudian hasil uji SEM dapat diketahui bahwa besarnya kandungan nitrogen yang seharusnya dapat terdepositkan pada permukaan substrat baja AISI 4140 ternyata tidak dapat diidentifikasi, disebabkan oleh lapisannya terlalu tipis. Sedangkan hasil dari EDX menghasilkan unsur besi (Fe), dengan campuran karbon (C) dengan unsur- unsur lainnya seperti campuran Oksigen (O), Magnesium (Mg), Silikon (Si), Kalsium (Ca) dan Nitrogen (N).

**Kata Kunci :** Nitridasi plasma, AISI 4140, Tekanan, Kekerasan Vickers

### **Abstract**

*The plasma nitriding process against AISI 4140 steel was tested for hardness using the Vickers testing method and observed the microstructure. The purpose of this study was to determine the hardness of AISI 4140 steel with the plasma nitriding process to achieve optimum levels of hardness. Test samples in the form of AISI 4140 steel were cut into 30 test samples, then autosol polishing was done using sandpaper with a size of 120 to 5000 mesh. Then the polished sample is hydrated with a pressure variation of 1.2; 1.4: 1.6; 1.8 and 2.0 mbar at 450 450C and 3 hours. The results of the hardness obtained after varying pressures, the greatest or optimum hardness is obtained at a pressure of 1.4 mbar. Then the results of the SEM test showed that the amount of nitrogen that could have been deposited on the surface of the AISI 4140 steel substrate could not be identified, because the layer was too thin. While the results of EDX produce iron (Fe), with a mixture of carbon (C) with other elements such as a mixture of Oxygen (O), Magnesium (Mg), Silicon (Si), Calcium (Ca) and Nitrogen (N).*

**Keywords:** Plasma Nitriding, AISI 4140, Pressure, Hardness of Vickers

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga laporan tesis dengan judul “Analisis Sifat Kekerasan Baja AISI 4140 Hasil Nitridasi Plasma Dengan Variasi Tekanan” ini dapat diselesaikan. Tesis ini disusun sebagai satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata II pada Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Bapak Dr. Sofyan Anif, M.Si., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan strata II di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Prof. Dr. Bambang Sumardjoko, selaku Direktur Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas kesempatan dan fasilitas pada Sekolah Pascasarjana yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan strata II di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Tri Widodo Besar, M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin dan Pembimbing Satu serta Ketua Dewan Penguji yang telah memberikan masukan dan saran pada saat proses pembimbingan sampai selesainya laporan tesis ini.
4. Bapak Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D., selaku pembimbing dua dan Anggota Dewan Penguji, atas saran dan bimbingannya.
5. Bapak Joko Sedyono, M.Eng., Ph.D., selaku Anggota Dewan Penguji atas masukan dan sarannya.
6. Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional Yogyakarta, yang telah mengijinkan tempatnya untuk penelitian tesis ini.



7. Segenap Dosen Magister Teknik Mesin, yang telah memberikan ilmu dan arahan selama kuliah.
8. Ayahanda H.M. Tojib, Ibunda Hj. Sumarti, Kakak saya Endang Pratiwi, S.E beserta Suami Dr. Muslihudin, S.H., M.Hum., adik-adik saya Yusuf Adi Susilo, S.T beserta Istri Dwi Purwanti, S.E., Dian Fitria Agustyasih, S.E beserta Suami Hendri Triyanto, S.T.P, atas do'a dan semua yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Magister Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
9. Istri saya Tanti Ivana, beserta anak-anakku, terimakasih atas segala motivasi, perhatian dan do'a serta kesabarannya sehingga semangat tumbuh untuk segera menyelesaikan Magister Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
10. Teman-teman seperjuangan Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta angkatan ke-5, untuk motivasinya.
11. Civitas Akademi SMK Muhammadiyah Bumiayu, yang telah memberikan dukungan.
12. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan pengembangan lanjut agar benar benar bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan yang ramah lingkungan.

Surakarta, 22 Oktober 2018

Penulis

**Nota Ali Sukarno**  
**NIM : U.100.16.0020**

## DAFTAR ISI

<b>NOTA PEMBIMBING I .....</b>	<b>ii</b>
<b>NOTA PEMBIMBING II .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>Abstrak .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I    PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Tujuan Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II   TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Kajian Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori .....	8
2.2.1. Material AISI 4140 .....	8
2.2.2. Konsep Dasar Plasma .....	8
2.2.3. Plasma Lucutan Pijar DC .....	9
2.2.4. Nitridasi .....	10
2.2.5. Plasma Nitriding .....	10
2.2.6. Mesin Nitridasi Plasma .....	11
2.2.7. Pengujian Vikers .....	12
2.2.8. Struktur Mikro .....	13

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1. Tempat Penelitian .....	14
3.2. Alat dan Bahan .....	14
3.2.1. Alat Penelitian .....	14
3.2.2. Bahan Penelitian .....	14
3.3. Prosedur Penelitian .....	15
3.3.1. Preparasi Sampel Material Baja AISI-4140 .....	16
3.3.2. Proses Pemolesan Sampel Material AISI 4140 .....	17
3.3.3. Proses Pencucian Sampel Material Baja AISI 4140 .....	17
3.3.4. Preparasi Alat Nitridasi Plasma .....	18
3.3.5. Hasil Proses Pengerasan Permukaan Teknik Plasma .....	19
3.3.6. Metode Pembentukan Lapisan Tipis .....	19
3.3.7. Proses Pengujian Vickers .....	20
3.3.8. Proses Pengujian SEM/EDX .....	20
3.3.9. Analisa Data .....	20
<b>BAV IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1. Pengujian Kekerasan Vickers .....	21
4.2. Uji SEM/EDX .....	25
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>32</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Komposisi kimia AISI 4140 .....	1
Tabel 4.1	Hasil uji kekerasan permukaan sebelum nitridasi .....	21
Tabel 4.2	Hasil uji kekerasan permukaan setelah nitridasi dengan tekanan 1,2 mbar, suhu 450 °C dan waktu 3 jam .....	22
Tabel 4.3	Hasil uji kekerasan permukaan setelah nitridasi dengan tekanan 1,4 mbar, suhu 450 °C dan waktu 3 jam .....	22
Tabel 4.4	Hasil uji kekerasan permukaan setelah nitridasi dengan tekanan 1,6 mbar, suhu 450 °C dan waktu 3 jam .....	22
Tabel 4.5	Hasil uji kekerasan permukaan setelah nitridasi dengan tekanan 1,8 mbar, suhu 450 °C dan waktu 3 jam .....	22
Tabel 4.6	Hasil uji kekerasan permukaan setelah nitridasi dengan tekanan 2,0 mbar, suhu 450 °C dan waktu 3 jam .....	23
Tabel 4.7	Rata-rata nilai kekerasan perubahan tekanan .....	23
Tabel 4.8	Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat AISI 4140 hasil nitridasi plasma untuk variasi tekanan 1,2 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, uji EDX diambil pada bagian substrat .....	27
Tabel 4.9	Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil nitridasi plasma untuk variasi tekanan 1,2 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, uji EDX diambil pada permukaan substrat .....	28
Tabel 4.10	Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil nitridasi plasma untuk variasi tekanan 2,0 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, lokasi uji EDX diarahkan pada bagian resin .....	29
Tabel 4.11	Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil nitridasi plasma untuk variasi tekanan 2,0 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, uji EDX diambil pada bagian substrat ke dalam dari jarak permukaan .....	30

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tabung Lucutan Pijar DC .....	10
Gambar 2.2	Skema peralatan sistem nitridasi ion .....	12
Gambar 2.3	Pengujian Vickers dan Bentuk indenter Vickers .....	13
Gambar 3.1	Skema Diagram Alir Penelitian .....	15
Gambar 3.2	Sampel material baja AISI 4140 No. 1 .....	16
Gambar 3.3	Sampel material baja AISI 4140 No. 2 .....	16
Gambar 3.4	Proses pembubutan material baja AISI 4140 .....	16
Gambar 3.5	Proses pemolesan sampel material baja AISI 4140 dengan ukuran diameter 1,4 cm dan tebal 0,4cm .....	17
Gambar 3.6	Hasil proses pemolesan sampel material baja AISI 4140 .....	17
Gambar 3.7	Proses pencucian sampel baja tahan karat AISI 4140 dengan mesin <i>ultrasonic cleaner</i> .....	18
Gambar 3.8	Sistem plasma nitriding .....	18
Gambar 3.9	Hasil proses pengerasan permukaan teknik plasma nitriding dengan variasi tekanan 1,2 mbar – 2,0 mbar .....	19
Gambar 4.1	Grafik hubungan nilai kekerasan terhadap perubahan tekanan .....	23
Gambar 4.2	Mikrograf SEM dari tampang lintang substrat baja AISI 4140 setelah dinitridasi plasma dengan variasi tekanan 1,2 mbar pada suhu 450 °C waktu nitridasi 3 jam .....	25
Gambar 4.3	Mikrograf SEM dari tampang-lintang substrat baja AISI 4140 setelah dinitridasi plasma dengan variasi tekanan 2,0 mbar pada suhu 450 °C waktu nitridasi 3 jam .....	26
Gambar 4.4	Grafik Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil nitridasi plasma variasi tekanan 1,2 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, uji EDX diambil pada bagian substrat .....	27
Gambar 4.5	Grafik Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil nitridasi plasma variasi tekanan 1,2 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, uji EDX diambil pada permukaan substrat ..	28



Gambar 4.6 Grafik Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil nitridasi plasma variasi tekanan 2,0 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, lokasi uji EDX diarahkan pada bagian resin .....	29
Gambar 4.7 Grafik Mikrograf SEM-EDX substrat AISI 4140 hasil nitridasi plasma untuk variasi tekanan 2,0 mbar, pada suhu 450 °C dan waktu nitridasi 3 jam, uji EDX diambil pada bagian substrat ke dalam dari jarak permukaan .....	30

